

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-178314

(43)Date of publication of application : 27.06.2003

(51)Int.Cl. G06T 7/60
G01B 11/24
G01N 21/956
G06T 1/00
G06T 7/00

(21)Application number : 2002-281692

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.09.2002

(72)Inventor : MITSUI TADASHI

(30)Priority

Priority number : 2001294209

Priority date : 26.09.2001

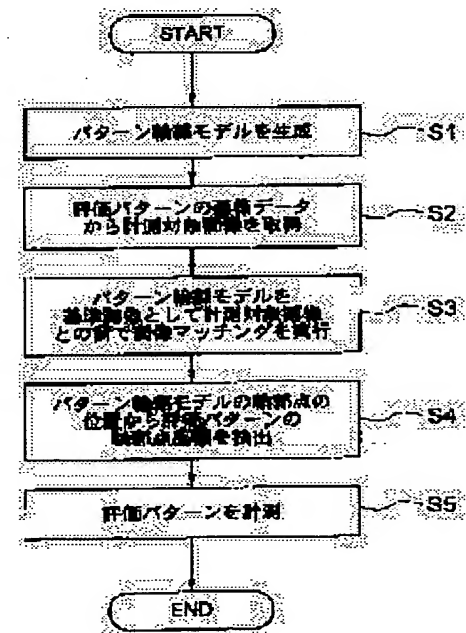
Priority country : JP

(54) PATTERN EVALUATION DEVICE, PATTERN EVALUATION METHOD AND PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method, device and program for accurately and swiftly evaluating a pattern.

SOLUTION: A pattern contour model MT composed of picture element rows with specified contour point positions EP and respectively stored with a relative gray-level value is generated by using the pattern evaluation device 2 provided with an image processing device 20. Image data of an evaluation pattern is acquired, an image matching process is executed on a measurement object image by using the pattern contour model MT as a reference image, and coordinates of contour points of the evaluation pattern are detected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3754408

[Date of registration]

22.12.2005

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-178314
(P2003-178314A)

(43) 公開日 平成15年6月27日 (2003.6.27)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 6 T 7/60	2 5 0	C 0 6 T 7/60	2 5 0 A 2 F 0 6 0
G 0 1 B 11/24		C 0 1 N 21/956	A 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/956		C 0 6 T 1/00	3 0 5 A 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	3 0 5		3 0 5 D 5 L 0 9 6
		7/00	3 0 0 D

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-281692(P2002-281692)
(22) 出願日 平成14年9月26日(2002.9.26)
(31) 優先権主張番号 特願2001-294209(P2001-294209)
(32) 優先日 平成13年9月26日(2001.9.26)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(72) 発明者 三 井 正
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内
(74) 代理人 100075812
弁理士 吉武 賢次 (外5名)

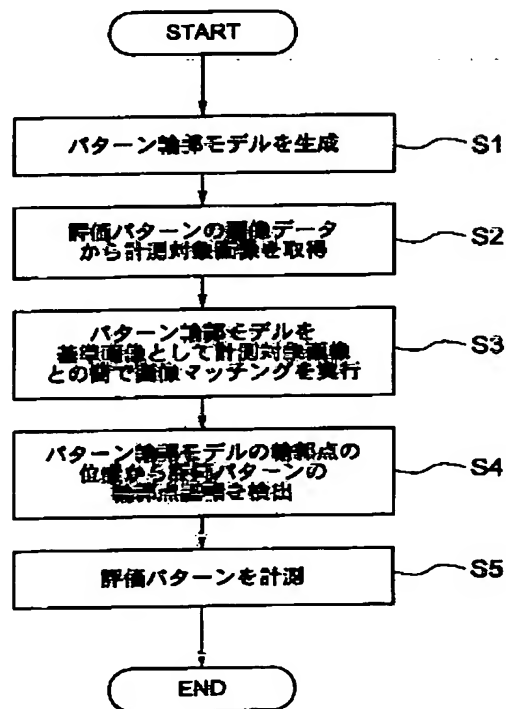
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン評価装置、パターン評価方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 高精度かつ高速でパターンを評価する方法、装置およびプログラムを提供する。

【解決手段】 画像処理装置20を備えるパターン評価装置2を用い、相対濃淡値がそれぞれ格納され輪郭点位置EPが指定された画素列で構成されるパターン輪郭モデルMTを生成し、評価パターンの画像データを取得し、計測対象画像に対してパターン輪郭モデルMTを基準画像として画像マッチング処理を実行し、評価パターンの輪郭点の座標を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】評価対象であるパターンの画像データの供給を受けて前記パターンを評価する装置であって、パターン輪郭モデルを生成する輪郭モデル生成手段と、前記パターンの画像に対して前記パターン輪郭モデルとの画像マッチング処理を実行し、前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点座標検出手段と、を備えるパターン評価装置。

【請求項2】前記パターン輪郭モデルは、それぞれ相対濃淡値が格納されたセルの配列であって、座標値として定義される輪郭点位置が指定されたセル配列である、ことを特徴とする請求項1に記載のパターン評価装置。

【請求項3】前記輪郭モデル生成手段は、前記パターン画像を用いて前記パターン輪郭モデルを生成する、ことを特徴とする請求項1または2に記載のパターン評価装置。

【請求項4】前記輪郭モデル生成手段は、前記パターン画像の計測倍率に応じて前記パターン輪郭モデルを生成する、ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項5】前記パターンは、複数の輪郭形状を有し、前記輪郭モデル生成手段は、複数の前記パターン輪郭モデルを生成し、前記輪郭点座標検出手段は、前記複数のパターン輪郭モデルのそれぞれに対応した前記輪郭形状の輪郭点グループの座標を検出する、ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項6】前記パターン輪郭モデルには複数の前記輪郭点位置が指定され、前記輪郭点座標検出手段は、前記複数の輪郭点位置のそれぞれに対応した前記パターンの輪郭点の座標を検出する、ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項7】前記輪郭点座標検出手段は、ユーザーにより指定された輪郭点の画素の濃淡値、分散値、および前記パターン輪郭モデルとのマッチングスコアのうちの少なくとも一つを含む、画素毎に定義できる画像処理により得られる値を輪郭パラメータとして定義し、前記輪郭パラメータから教師データを採用し、各画素について前記教師データからのマハラノビスの距離を計算する、ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項8】評価対象であるパターンの画像データを取得する手順と、パターン輪郭モデルを生成する手順と、前記パターンの画像に対して前記パターン輪郭モデルとの画像マッチング処理を実行し、前記パターンの輪郭点の座標を検出する手順と、を備えるパターン評価方法。

【請求項9】前記パターン輪郭モデルを生成する手順は、セル配列と、前記セル内にそれぞれ格納される相対

濃淡値と、座標値として定義される輪郭点位置と、を指定する手順を含む、ことを特徴とする請求項8に記載のパターン評価方法。

【請求項10】前記パターン輪郭モデルは、前記パターン画像を用いて生成される、ことを特徴とする請求項8または9に記載のパターン評価方法。

【請求項11】前記パターン輪郭モデルは、前記パターン画像の計測倍率に応じて生成される、ことを特徴とする請求項8乃至10のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項12】前記パターンは、複数の輪郭形状を有し、前記パターン輪郭モデルを生成する手順は、複数の前記パターン輪郭モデルを生成する手順であり、前記パターン輪郭点の座標を検出する手順は、前記複数のパターン輪郭モデルのそれぞれに対応した前記輪郭形状の輪郭点グループの座標を検出する手順を含む、請求項8乃至11のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項13】前記パターン輪郭モデルには複数の前記輪郭点位置が指定され、前記パターン輪郭点の座標を検出する手順は、前記複数の輪郭点位置のそれぞれに対応した前記パターンの輪郭点の座標を検出する手順を含む、請求項8乃至12のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項14】ユーザーにより指定された輪郭点の画素の濃淡値、分散値、および前記パターン輪郭モデルとのマッチングスコアのうちの少なくとも一つを含む、画素毎に定義できる画像処理により得られる値を輪郭パラメータとして定義する手順と、前記輪郭パラメータから教師データを採用する手順と、各画素について前記教師データからのマハラノビスの距離を計算する手順と、をさらに備える請求項8乃至13のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項15】請求項8乃至14のいずれかに記載のパターン評価方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パターンの寸法および形状を計測することでパターンを評価する装置、評価方法およびプログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の技術によるパターン評価方法について、半導体の微細パターンの評価方法を具体例に挙げて説明する。

【0003】パターンの評価は、半導体の製造工程においても重要であり、このことは、リソグラフィ工程やエッチング工程等で形成される微細パターンについて特に顕著である。従来、電子ビームを用いたCDSEM (Critical Dimension Scanning Electron Microscopy)

e)を用いてパターン寸法の測定(例えば、ラインパターンでは線幅等、ホールパターンでは穴径等)を計測し、評価する方法が一般に採用されている。CD SEMでは、一次電子ビームの照射により試料から発生した二次電子を検出器で捕獲し、その信号強度として得られるパターンのSEM画像を処理することにより、寸法計測等のパターン評価が実行される。CD SEMを用いた従来のパターン評価方法についてラインパターンの線幅を求める場合を例に挙げてより具体的に説明する。

【0004】最初に、試料上に形成されたラインパターンの長手方向に対して垂直となるように走査線方向を定めて電子ビームを走査し、SEM画像を取得する。次に、測定レシピに記述された計測範囲(ROI: Region Of Interest)またはオペレータにより指定されたROIに従ってSEM画像を切り出し、例えば画像処理可能なコンピュータの画像メモリに保存する。続いて、SEM装置の上記走査線方向をX方向とすると、切り出された画像のX方向の各線画素毎に濃度分布曲線(ラインプロファイル)を作成し、このプロファイルから、例えば閾値法によってパターンの輪郭点座標を抽出する。この場合は左右二ヶ所の輪郭点(X座標)を抽出する。次に、これらの輪郭点間の距離(X座標の差)をラインパターンのこの線画素における幅と決定し、各線画素毎の幅を計算する。これらの値をROIの長手方向に平均したものを最終的にラインパターンの幅として出力する。計算値は、画像のノイズによって変動することがあるため、この変動を除去するために、例えば上下の線画素も加えた三本の線画素における幅を平均した値を求め、この平均値をその線画素における幅と決定しても良いし、また、輪郭点間の距離の値をROIの長手方向に平均したものを最終的にラインパターンの幅として出力しても良い。なお、ラインパターンのようにROIの長手方向で幅の変化が小さい場合には、一般的に、線画素を間引いて幅を計算することにより計算時間を短縮する。

【0005】このように、パターンの寸法計測を行なう場合、画像処理として次の2つのステップが必要である。即ち、輪郭検出アルゴリズムを用いてパターンの輪郭を検出するステップと、検出された輪郭点の座標から、計測の目的に合致したCD計測アルゴリズムによりパターン寸法を計算するステップである。これらのうち、CD計測アルゴリズムとしては、上述した例のように輪郭点間距離の平均を用いたり、例えば幅が一定でないラインパターンの場合には、例えば最大または最小の輪郭点間距離を最大線幅または最小線幅として計算するという単純な方法の他、複雑な計算手順を要する方法もある(例えば、特許文献1参照)。しかし、いずれの方法においても、それに先立つパターンの輪郭検出のアルゴリズムとしては、閾値法、直線近似法、最大傾斜法などが用いられている(例えば、特許文献2参照)。

【0006】

【特許文献1】特開2000-171230

【特許文献2】特開平9-184714

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、パターンの輪郭点を検出する上述した従来の方法では、パターンの形状や配置によって、輪郭が検出できない場合や、誤った輪郭を検出してしまう場合があった。また、上述した従来の方法では、パターンを切り取るROIの大きさによってパターンの寸法計測値が変化してしまう場合があった。また、上述の従来の方法では、ROIを指定することが必須であり、このためパターン形状が複雑な場合にはROI指定に複雑な手順を必要とし、計測者の負荷の増大、自動計測の信頼性の低下をもたらしていた。さらに、上述の従来の方法では、パターンのコントラスト/ブライトネスまたはパターン側壁のテーパ角度等の変化によってパターンの寸法計測値が変化してしまう場合がある。さらには、上述の従来の方法では、パターン寸法等の計測値が計測倍率に依存してしまうという問題もあった。

【0008】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、高精度かつ高速でパターンを評価する方法、装置およびプログラムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0010】即ち、本発明によれば、評価対象であるパターンの画像データの供給を受けてこのパターンを評価する装置であって、パターン輪郭モデルを生成する輪郭モデル生成手段と、上記パターンの画像に対して上記パターン輪郭モデルとの画像マッチング処理を実行し、上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点座標検出手段と、を備えるパターン評価装置が提供される。

【0011】また、本発明によれば、評価対象であるパターンの画像データを取得する手順と、パターン輪郭モデルを生成する手順と、上記パターンの画像に対して上記パターン輪郭モデルとの画像マッチング処理を実行し、上記パターンの輪郭点の座標を検出する手順と、を備えるパターン評価方法が提供される。

【0012】さらに、本発明によれば、評価対象であるパターンの画像データを取得する手順と、パターン輪郭モデルを生成する手順と、上記パターンの画像に対して上記パターン輪郭モデルとの画像マッチング処理を実行し、上記パターンの輪郭点の座標を検出する手順と、を備えるパターン評価方法をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態のいくつかについて図面を参照しながら説明する。以下の実施形態では、CD SEM装置により得られたパターン画像を用いて半導体の微細パターンを評価する場合を取り上

げて説明するが、本発明はこの分野およびCDSEM装置に限定されることなく、パターン一般の寸法および形状の新しい計測手法として他の様々な工業分野に適用することができる。

【0014】(A)パターン評価装置の一実施形態
図1は、本発明にかかるパターン評価装置の実施の一形態の概略構成を示すブロック図である。同図に示すパターン評価装置2は、ワークステーション12と、入力装置14と、メモリ16と、出力装置18と、画像処理装置20とを備える。

【0015】メモリ16は、本発明にかかるパターン評価方法のアルゴリズムが書き込まれたレシピファイルを格納する。ワークステーション12は、メモリ16からレシピファイルを読み出し、このレシピファイルに従って装置全体を制御するとともに、後述する画像処理によりパターン輪郭座標を検出し、これに基づくパターン計測等のパターン評価を実行する。入力装置14は、キーボードやマウス等の入力手段である。出力装置18は、ワークステーション12を介して画像処理装置20から、後述するパターン輪郭モデルの画像データとともに、評価対象であるパターン（以下、評価パターンという）の画像（以下、計測対象画像という）のデータの供給を受け、図示しないディスプレイなどを用いて表示する。

【0016】画像処理装置20は、CPU22と画像処理部24と画像メモリ制御部26と画像メモリ28とを含む。

【0017】画像処理部24は、パターン輪郭モデルを生成するとともに、SEM画像データなどの画像データの入力を受けて後述する画像処理を実行する。画像処理部24はまた、後述するように実際の画像からパターン輪郭モデルを生成する場合に、データ出力装置18により表示される実画像上で評価パターンの輪郭を定義するための範囲指定ウィンドウや、指定された範囲の画像を別途表示するための別ウィンドウが画面上に表示されるように設定することもできる。

【0018】画像メモリ28は、複数の記憶領域を有し、画像メモリ制御部26の制御により、SEM画像データとパターン輪郭モデルのデータとを異なる記憶領域に格納する。

【0019】図1に示すパターン評価装置2の動作について、本発明にかかるパターン評価方法の実施形態として図面を参照しながら説明する。なお、以下の各図において同一の部分には同一の参照番号を付してその説明を省略する。

【0020】(B)パターン評価方法の実施形態
以下、本発明にかかるパターン評価方法の実施の形態のいくつかについて説明する。

【0021】(1)第1の実施形態

まず、本発明にかかるパターン評価方法の第1の実施の

形態について図2から図10を参照しながら説明する。本実施形態では、ラインパターンを計測する場合について説明する。

【0022】図2は、本実施形態の概略手順を説明するフローチャートである。同図に示すように、まず、パターン輪郭点の検出に先立って、パターン輪郭モデルを予め生成する（ステップS1）。本実施形態におけるパターン輪郭モデルの具体例を図3(a)～(c)に示す。これらの図にそれぞれ示すパターン輪郭モデルMT1～MT3は、8Bitの濃淡値を格納した画素の配列であり、各々のモデルには輪郭点EP1～EP3の位置も併せて定義される。ここでは、パターン輪郭モデルの各輪郭点は、評価対象であるパターンを左から右へ見ていくときに検出される輪郭点として定義される。パターン輪郭モデルは、実際には数値として画像処理装置2の画像メモリ28内に格納されている。このステップ1の手順は、登録されているパターン輪郭モデルが存在すれば、計測の度に実行する必要は無い。

【0023】次に、図示しないSEM装置または光学的撮像装置から評価対象であるパターンの画像データを取り入れ、レシピファイルまたはオペレータの操作によりROIの切り出しを実行して計測対象画像を取得する（ステップS2）。なお本実施形態においては、ROIを指定することとしたが、後述するように本発明にかかるパターン評価方法ではROIを指定しなくても計測処理を行うことができる。

【0024】次に、例えば図4の部分拡大図に示すようなラインパターンP2に対して上述したパターン輪郭モデルを基準画像として画像マッチングを実行する（図2ステップS3）。このとき、図5(a)に示すように、基準画像を計測対象画像上で水平方向の左から右へ（矢印DS1）走査させ、さらに、上記基準画像を左右逆にしたもの（矢印DS2）に走査させる。画像マッチング処理により、パターン輪郭モデルの濃淡階調値パターンとの相関が局所的に極大となるような基準画像の位置を検出する。この際に、輪郭が存在するであろう画素について、その画素の濃淡値、分散値、基準画像とのマッチングスコア、その他の画素毎に定義できるあらゆる画像処理によって算出される値に基づいて画像マッチングの処理範囲を限定し、これにより処理時間を短縮することが望ましい。

【0025】画像マッチング処理の一方方法について図6を参照しながらより具体的に説明する。図6(a)～(e)は、計測対象画像およびパターン輪郭モデルの輪郭部分における画素強度をY軸方向にとった概念図である。まず、図6(a)に示すように、一画素毎に、パターン輪郭モデルに対応した対象画像の部分との相関を計算し、相関値VCRをプロットしていく。この相関値VCRは、図6(b)に示すように、基準画像の走査によりパターン輪郭モデルが評価パターンの輪郭に接近する

につれて大きくなっていく。これらの操作を計測対象画像内においてROIで指定された領域の全てにわたって、または上記画素値によって限定された処理範囲内で実行する。次に、図6(c)に示すように、各画素毎に得られた相関値VCRを、例えばガウス関数等で近似し、その極大点A(A_x , A_y)をサブピクセルの精度で求める。図6(d)に示すように、極大点AのY座標 A_y は、輪郭の強度を表す。本実施形態では、ノイズと区別するために、一定値以上の強度を有するものについて輪郭とみなしている。また、図6(e)に示すように、極大点AのX座標 A_x は、評価パターンの輪郭点のX座標を表す。なお、厳密には、輪郭点の位置を検出するためには、パターン輪郭モデルで定義された輪郭点に基づいてオフセットを加えることになる。

【0026】以上の処理により、パターン輪郭モデルの輪郭点Eで定義された位置に対応する位置がラインパターンP2の輪郭点座標となる(ステップS4)。画像マッチング処理においては、基準画像の白黒を反転させても良いし、基準画像のエッジ強度を調節しても良い。また、基準画像の回転および拡大、縮小を行っても良い。上述した基準画像の走査方法以外にも、図5(b)に示すように、最初にラインパターンP2の中心を検出し、そこから水平方向の外向きまたは内向きに(矢印DS5, DS6)それぞれの向きに応じた基準画像を走査しても良い。これにより、画像マッチングに要する時間を短縮することができる。

【0027】図2に戻り、輪郭点を検出された後は、適当なアルゴリズムによりこのラインパターンP2の線幅を計算するなどにより評価パターンを計測する(ステップS5)。線幅の計算方法としては、例えば前述したように、水平線上にあるラインの右側の輪郭点と左側の輪郭点とでペアを形成し、そのペア間の(水平方向の)距離を計算し、それらの距離をROIの長手方向に平均してライン幅として出力しても良い。これ以外の方法として、特願2001-089731に記載されるDAD法によってパターン幅を計算しても良い。この場合は、形成されるペアを水平線上に限定することがないので、複雑な形状のパターン計測に適している。この参照により、特願2001-089731の内容を本願明細書に引用したものとする。

【0028】次に、計測画像のショットノイズによる画像マッチングの誤認識を回避するためのいくつかの方策について説明する。まず、パターン輪郭モデルのY方向の画素数として、図3(a)~(c)に示すモデルでは、いずれも1であるが、図7に示すパターン輪郭モデルMT5のように、予め複数の画素数を持たせておいても良い。パターン輪郭モデル自体のY方向の画素数は1のままで、画像マッチングの際にソフト上でY方向の画素数を指定しても良い。また、パターン輪郭モデルの形状は、上述したモデルMT1~MT5のような矩形に限

ることなく、例えば図8(a)~(c)に示すように、いかなる形状であっても構わない。

【0029】このように、本実施形態によれば、相対濃淡値と輪郭点位置とが定義されるパターン輪郭モデルを生成し、このパターン輪郭モデルを基準画像として計測対象画像とのマッチングを実行するので、従来の技術による方法では検出できなかったパターンについても高い精度で効率良く輪郭点を検出することができる。また、走査方向に直交する方向に複数の画素を有するパターン輪郭モデルを用いる場合は、画像ノイズに強い輪郭点検出が可能になり、誤検出を防止することができる。

【0030】本実施形態のパターン評価方法によれば、画像データの取得態様に応じて計測パターンのコントラストおよび断面形状等が変動する場合であっても一定の輪郭点を検出することができる。この点を図9および図10を参照しながら説明する。

【0031】従来の測定方法によれば、同一のラインパターンに対して電子ビームを連続して多数回照射すると、計測値にドリフトが発生する。これは、電子ビームの照射によって評価パターンにチャージングが発生し、画像のコントラストが変化するからである。図9は、同一のラインパターンに電子ビームを連続して10回照射したときの計測結果の一例を示す。図9の計測値L1に示すように、従来の測定方法では、チャージングの結果、大きな計測値のドリフトが発生している。これに対して、同図の計測値L2に示すように、本実施形態の方法を用いた計測ではドリフトが小さくなっている。

【0032】さらに、図10は、露光条件を変えて作成したパターンに対する計測結果を従来の方法との対比で示すグラフである。図10では、断面SEMによる計測値との差である測定バイアスをY軸として表示する。露光条件の変化は、パターンの形状、例えば側壁角度の変化をもたらす。このため、図10の計測結果L11、L12に示すように、従来の技術による方法では、計測バイアスが露光条件に顕著に依存していることが分かる。これに対して、同図内の計測結果L21、L22に示すように、本実施形態の評価方法によれば、パターン輪郭モデルを適切に選択した場合、測定バイアスのパターン断面形状依存性が低減できることが分かる。このことからさらに、露光条件の異常を検知する感度を増大させるなどの目的で測定バイアスのパターン断面形状依存性を残したい場合には、別のパターン輪郭モデルを選択すれば良いことも分かる。このように、本実施形態によれば、計測目的に応じて臨機応変な計測が可能となる。

【0033】また、従来、複雑な形状のパターンの輪郭検出に当たっては、評価パターンに応じた複雑な形状のROIを指定しなければならなかった。このため、ROI指定に際して複雑な手順と多くのパラメータが必要であった。この結果、ユーザーに煩雑な操作を強いたり、自動計測を困難にすることがあった。

【0034】これに対して本実施形態の方法によれば、前述したように、そもそもROIを指定する必要がないので、いかなる形状、例えば凹閉曲線のパターンに対しても容易にパターン輪郭点を検出することができる。また、複数のホールパターンが一つの計測画像に存在する場合でも、特に複雑なROIの指定を必要とすることなくすべてのパターンの輪郭点を検出できる。

【0035】上述した説明のうち、画像コントラストや露光条件の変化に依存しない点およびROIの指定が不要である点は、以下の第2～第5の実施形態についても共通である。

【0036】(2) 第2の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第2の実施の形態について図11を参照しながら説明する。本実施形態では、ホールパターンのような閉曲線の輪郭検出を行なう場合について説明する。

【0037】パターン輪郭モデルとしては、上述した第1の実施形態と同様のモデルを考える。閉曲線の場合は、ラインパターンと異なり、輪郭点が全方位に分布している。このため、基準画像の走査方向を水平に固定したままでは計測できない。そこで、例えば図11(a)に示すように、ホールパターンP4に対してX方向DS1、DS2に加えて、Y方向DS3、DS4へもその向きに対応した基準画像を走査することで全方位の輪郭点を検出できる。また、図11(b)に示すように、第1の実施形態と同様にして(図5(b)参照)、ホールパターンP4の中心を最初に検出し、そこからX方向外向きDS5、DS6に、およびY方向外向きDS7、DS8に、またはそれぞれの方向で内向きに、それぞれの向きに対応した基準画像を走査することにより、輪郭点の検出時間を短縮することができる。上述した形態では、基準画像の走査方向を回転させ、その回転刻みの角度を90度としたが、評価パターンに応じて任意の角度の刻みで回転させても良い。この場合、輪郭点の検出精度と検出時間とはトレードオフの関係になるが、通常のホールパターンでは45度の回転刻み角で良い結果が得られている。また、パターン輪郭モデルのY方向の画素数については、画素数が小さいほど輪郭点の検出精度は良くなる。

【0038】以上の手順により輪郭点を検出した後は、通常のホールパターンの計測手順を用いることができる。また、ホールパターンだけでなく、ラインパターンにおいても本実施形態の方法を用いることにより、幅が長手方向で変化するために曲線部分を有するラインパターンや、一つの計測画像中で複数のラインパターンが様々な角度で混在する場合等でも輪郭点の検出が可能となる。

【0039】(3) 第3の実施形態

パターン輪郭モデルとして、画素配列とその中に格納される濃淡値と輪郭点位置とは、輪郭点検出に先立って定

義しなければならない。これらの定義データは、例えば図7に示すような行列データから構成されており、数値ファイルの操作によって簡単に作成し編集することが可能である。本実施形態は、このような数値ファイル进行操作することなく、実際の画像からパターン輪郭モデルを生成する方法を提供するものである。

【0040】まず、パターン輪郭モデル作成に先立って、出力装置18(図1参照)により表示される実画像上でどこを輪郭と定義するかを範囲指定ウインドウを用いて適当な入力装置14、例えばマウス等で指定する。このとき、指定された範囲が拡大されて別ウインドウに表示されるように画像処理部24を設定すると便利である。

【0041】次に、実画像または拡大された指定範囲の画像の上に入力装置14を操作してパターンの輪郭を定義し、表示する。さらに、パターン輪郭モデルの画素レイアウトを同様にマウス等の操作で指定する。パターン輪郭モデルは、このようにして得られた実画像データから、その濃淡値および輪郭点定義を指定した画素レイアウトに流し込むことによって作成される。このとき、例えば画素の平均値の画像処理を実行する必要がある場合も考えられる。また、濃淡値のラインプロファイルを、必要な画素配列に従ってサンプリングして作成する方法を用いても良い。また、パターン輪郭モデルを実画像から生成する際に、ユーザーにより指定された輪郭点の画素の濃淡値、分散値、基準画像とのマッチングスコア、その他画素毎に定義できるあらゆる画像処理によって求められる値をパラメータとして読み取り、それらを教師データとして、それらとのマハラノビスの距離を計算することで、より精度良く画像マッチングの処理範囲を決定しても良い。

【0042】このように、本実施形態によれば、実際の計測対象画像からパターン輪郭モデルを生成するので、適切なパターン輪郭モデルを迅速に生成でき、また、オペレータが視認する通りに評価パターンの輪郭点の座標を検出することができる。

【0043】(4) 第4の実施形態

上述した実施形態において、作成されたパターン輪郭モデルは、いかなる倍率の計測画像に対しても適応している。しかしながら、輪郭点の検出精度を向上させるためには、計測画像の倍率に応じてパターン輪郭モデルを最適化することが望ましい。即ち、同一パターンで考えると、計測画像の倍率が小さければパターン輪郭モデルの輪郭部分に割り当てられる画素数が減ってしまう。これとは逆に、倍率が大きければ画素数は増える。この点は、従来の計測方法においてパターン寸法測定値の観察倍率依存性として問題となり、これを回避するために特開平9-184714に開示される方法が提案されている。しかしながら、この方法では計測倍率への切り替えのために処理時間を要し、また、そもそも計測倍率が装

置の電子光学系の性能に従って大きな制約を受けるため、幅広いパターンについて適応させることが困難であった。

【0044】本実施形態のパターン評価方法では、パターン輪郭モデルの画素数を計測倍率に応じて柔軟に変更する。即ち、同一のラインパターンP6に対して、図12(a)に示すように計測倍率が例えば100k倍であるときは、同図(c)に示すパターン輪郭モデルMT11のように輪郭点に割り当てる画素数が1つのモデルを生成する。これに対して、図12(b)に示すように計測倍率が例えば200k倍であるときは、図12(d)に示すパターン輪郭モデルMT12のように、多数の画素内で輪郭点を割り当てるモデルを生成する。このようなモデル変更は、対応するアルゴリズムをレシピファイルに記述しておけば、計測倍率に応じた自動処理が可能である。

【0045】このように、本実施形態によれば、いかなる倍率の計測画像に対しても最適なパターン輪郭モデルを生成することができる。これによりパターン寸法の計測倍率依存性を低減させることができる。

【0046】上述した第1～第3の実施形態による輪郭点検出によっても、計測倍率への依存性がそもそも小さいため、従来の技術よりも計測倍率を自由に選べる利点があるが、輪郭点の検出精度をさらに向上させるためには、本実施形態による方法を用いても良い。

【0047】(5) 第5の実施形態

本実施形態は、計測対象画像中の一つのパターンに対して複数のパターン輪郭モデルを適応することにより複雑なパターンの輪郭点を検出する方法を提供する。例えば図13に示すパターンP8のように、側面がテーパ状になっているために、同一画像内にトップ(上面層)の形状P8tとボトム(底面層)の形状P8bとが混在する場合は、例えば図14に示す2つのパターン輪郭モデルMT13a、MT13bを生成し、これらを基準画像として画像マッチング処理を実行する。これにより、図15に示すように、それぞれのパターン輪郭モデルMT13a、MT13bに対応する輪郭点DPa、DPbを同時に検出することができる。また、これら2つのパターン輪郭モデルMT13a、MT13bに代えて、図16に示すように、2つの輪郭点EP13a、EP13bを有する単一のパターン輪郭モデルMT13を用いても同様の結果が得られる。

【0048】このように、本実施形態によれば、複数のパターン輪郭モデルまたは、単一ではあるが複数の輪郭点が定義されたモデルを用いるので、異なる複数の形状で構成されるパターンについても各構成部分を同時に計測できる。これにより、計測時間を大幅に短縮することができる。さらに、異なる形状の構成部分同士で輪郭間の関係を計測することも可能になる。

【0049】(C) プログラムおよび記録媒体

上述したパターン評価方法の一連の手順は、プログラムに組み込んで画像データ処理可能なコンピュータに読込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかるパターン評価方法を汎用コンピュータを用いて実現することができる。また、上述したパターン評価方法の一連の手順を画像データ処理可能なコンピュータに実行させるプログラムとしてフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、コンピュータに読込ませて実行させても良い。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でも良い。また、上述したパターン評価方法の一連の手順を組み込んだプログラムをインターネット等の通信回線(無線通信を含む)を介して頒布しても良い。さらに、上述したパターン評価方法の一連の手順を組み込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、または記録媒体に収納して頒布しても良い。

【0050】以上、本発明の実施の形態のいくつかについて説明したが、本発明は上記形態に限るものではなく、当業者は本発明の技術的範囲から逸脱することなく種々変形して適用することができる。上述した実施形態では、評価パターンの画像としてCDSEMから取得したSEM画像を取り上げて説明したが、これに限ることなく、例えば一般的な光学的撮像装置を用いて取得した光学画像に対しても本発明を適用できることは勿論である。さらに、本実施形態における輪郭点検出方法と特願2001-089731に記載されるDAD法とを組み合わせれば複数のパターンを同時に測定することが可能になり、パターン評価の精度と効率をさらに向上させることができる。

【0051】

【発明の効果】以上詳述したとおり、本発明によれば、複雑な形状を有するパターンであっても、パターン画像の倍率、コントラスト、フォーカス、断面形状等に依存することなく、高精度で高速にパターンを評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるパターン評価装置の実施の一形態の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明にかかるパターン評価方法の第1の実施の形態の概略手順を説明するフローチャートである。

【図3】パターン輪郭モデルの具体例を示す模式図である。

【図4】評価対象であるラインパターンの一例の輪郭線の部分拡大図である。

【図5】図2に示す画像マッチング処理を説明する概念図である。

【図6】図2に示す画像マッチング処理のより具体的な一方法を説明する概念図である。

【図7】X方向に加えてY方向にも複数の画素を有するパターン輪郭モデルの一例を示す模式図である。

【図8】矩形以外の形状を有するパターン輪郭モデルの具体例を示す模式図である。

【図9】同一のラインパターンに電子ビームを連続して10回照射したときの計測結果の一例を従来の方法との対比で示すグラフである。

【図10】露光条件を変えて作成したパターンに対する計測結果の一例を従来の方法との対比で示すグラフである。

【図11】本発明にかかるパターン評価方法の第2の実施の形態を説明する概念図である。

【図12】本発明にかかるパターン評価方法の第4の実施の形態を説明する概念図である。

【図13】本発明にかかるパターン評価方法の第5の実施の形態の適用対象となるパターンの一例を示す模式図である。

【図14】本発明にかかるパターン評価方法の第5の実施の形態に用いられる2つのパターン輪郭モデルの具体

例を示す模式図である。

【図15】本発明にかかるパターン評価方法の第5の実施の形態が奏する効果を示す模式図である。

【図16】複数の輪郭点が定義されたパターン輪郭モデルの一具体例を示す概念図である。

【符号の説明】

2 パターン評価装置

12 ワークステーション

14 入力装置

16 メモリ

18 出力装置

20 画像処理装置

22 CPU

24 画像処理部

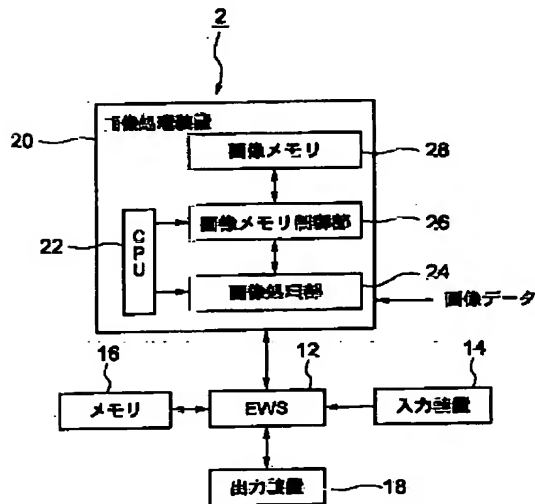
26 画像メモリ制御部

28 画像メモリ

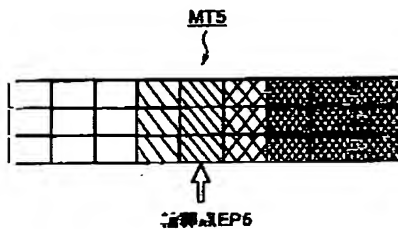
MT1~MT9, MT11, MT12, MT13, MT13a, MT13b パターン輪郭モデル

P2, P4, P6, P8 評価パターン

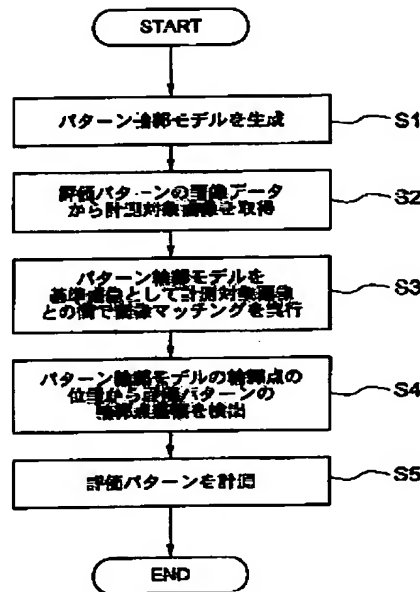
【図1】



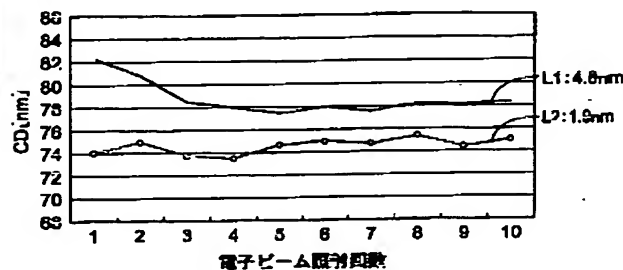
【図7】



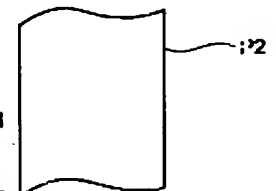
【図2】



【図9】



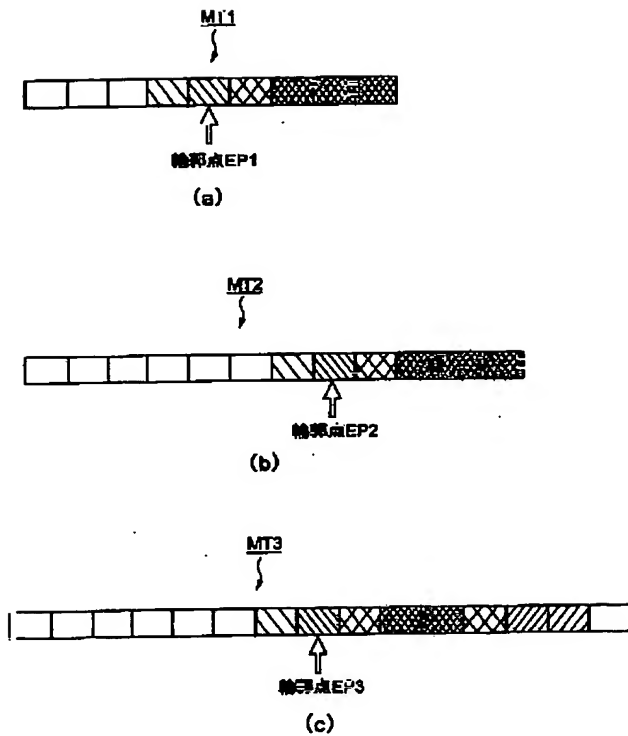
【図4】



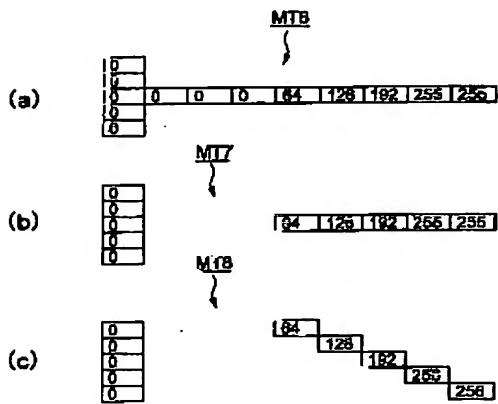
【図15】



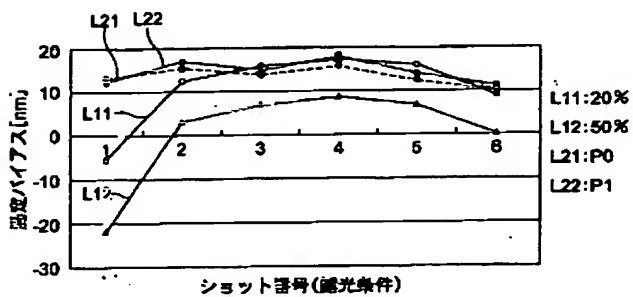
【図3】



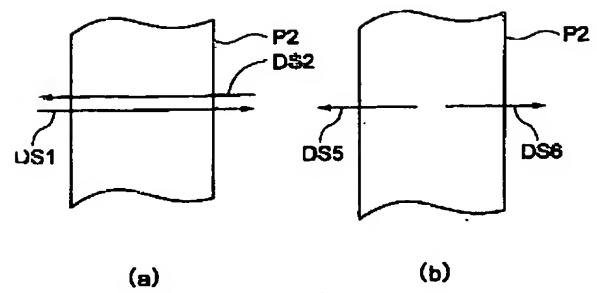
【図8】



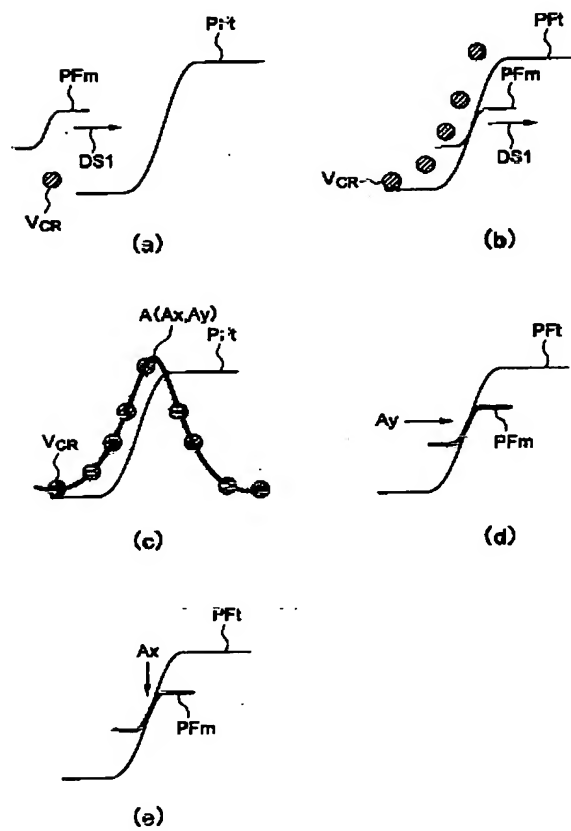
【図10】



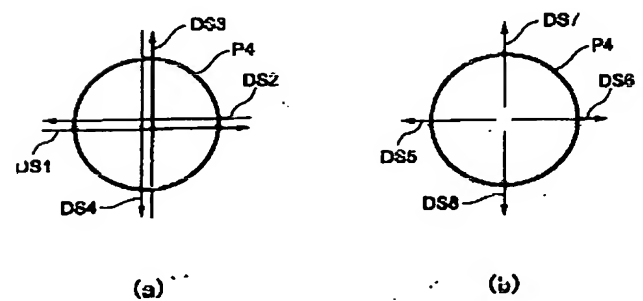
【図5】



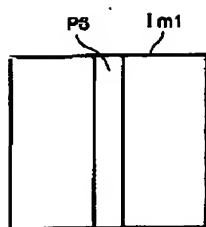
【図6】



【図11】

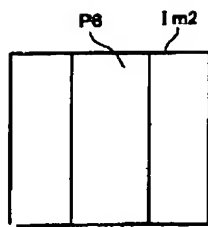


【図12】



100k倍

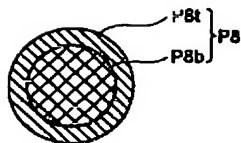
(a)



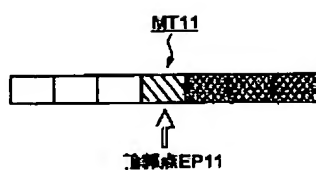
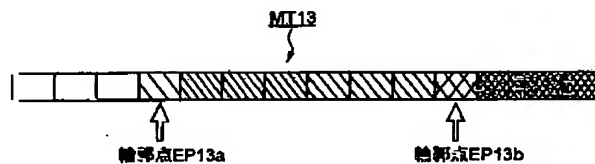
200k倍

(b)

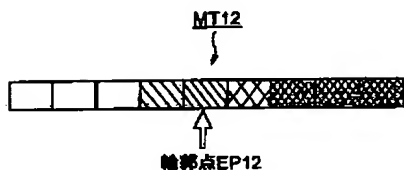
【図13】



【図16】

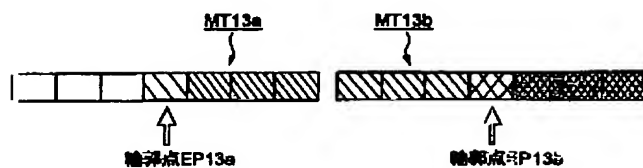


(c)



(d)

【図14】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

G06T 7/00

識別記号

300

F I

G01 B 11/24

(参考)

F

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA56 BB02 CC17 DD06
FF04 FF61 JJ03 JJ26 QQ00
QQ03 QQ24 QQ29 QQ36 QQ38
QQ42
2G051 AA65 AC21 EA12 EA14 EC06
ED07 ED11 ED22
5B057 AA03 BA02 BA24 DA01 DB02
DB09 DC05 DC08 DC16 DC22
DC34 DC39
5L096 AA06 BA03 CA24 DA02 EA27
EA35 FA06 FA12 FA32 FA33
FA34 FA66 FA67 FA69 GA10
GA55 HA07 JA03 JA09 KA01